

Respuesta productiva de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) al régimen alimenticio con alimentos comerciales bajo condiciones de crianza intensiva en el Lago Titicaca

Productive response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to the feeding regime with commercial feeds under intensive farming conditions in Lake Titicaca

Marina Flores M.¹, Rosario E. Ortega B.², María del Pilar Blanco E.³,
Marcelino J. Aranibar^{4*}

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de dos regímenes de alimentación (7 vs 6 d) y de tres alimentos comerciales (TO= Tomasino[®], NA= Naltech[®] y SA= Salmofood[®]) sobre el rendimiento productivo-comercial y desarrollo de órganos de truchas arcoíris en la fase de engorde en condiciones de lago Titicaca, Perú. Un total de 1080 truchas de 185 g de peso vivo (PV), 26.5 cm longitud total (LT) y 1.00 de índice de condición corporal (ICC) fueron colocadas al azar en 36 jaulas de nylon de 1.2x1.2x1.6 m (30 truchas/jaula). El control de parámetros productivos (PV, LT y consumo de alimento) fue realizado a los 30, 60 y 90 d. Se determinó el ICC, el consumo medio diario de alimento (CMD), la ganancia media diaria de peso (GMD) y el índice de conversión alimenticia (ICA). El rendimiento de canal (RC), de filete (RF), la pigmentación (PF) y el peso relativo de los órganos se determinó a los 215 d. El régimen alimenticio no afectó el PV, LT y ICC, pero la alimenta-

¹ Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

³ Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

⁴ Laboratorio de Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

* Email: maranibar@unap.edu.pe

Fuente financiera: CONCYTEC – Contrato N°131-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV

Recibido: 11 de julio de 2022

Aceptado para publicación: 2 de febrero de 2023

Publicado: 28 de abril de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

ción de 7 d tuvo mejor ICA (1.12 vs 1.25; $p < 0.001$). La alimentación con TO y NA produjeron menor CMD (3.7, 4.0 y 4.3 g/d; $p < 0.001$), menor GMD (2.9, 3.3 y 4.1 g/d; $p < 0.001$) y peor ICA (1.27, 1.21 y 1.07; $p < 0.001$) respecto a SA a los 90 d, respectivamente. El RC, RF y PF no fueron afectados, pero el peso relativo del hígado y corazón fue influenciado por los alimentos. Se concluye, que el régimen alimenticio de 7 d mejoró la conversión alimenticia y la pigmentación, en tanto que los alimentos comerciales influyeron en el rendimiento productivo, la pigmentación y en el peso relativo de los órganos, pero no en el rendimiento de canal y filete de las truchas.

Palabras clave: régimen alimenticio, alimentos comerciales, truchas, rendimiento productivo

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of two feeding regimes (7 vs 6 d) and three commercial foods (TO= Tomasino®, NA= Naltech® and SA= Salmofood®) on the productive-commercial performance and organ development of rainbow trout in the fattening phase under conditions of Lake Titicaca, Peru. A total of 1080 trout of 185 g live weight (LW), 26.5 cm total length (TL) and 1.00 body condition index (BCI) were randomly placed in 36 1.2x1.2x1.6 m nylon cages (30 trout/cage). The control of productive parameters (LW, TL and feed consumption) was carried out at 30, 60 and 90 d. The BCI, the mean daily feed intake (DFI), the mean daily weight gain (DWG) and the feed conversion ratio (FCR) were determined. The carcass yield (CY), fillet yield (FY), pigmentation (MP) and the relative weight of the organs were determined at 215 d. The feeding regime did not affect the LW, TL and BCI, but the 7-d feeding had a better FCR (1.12 vs 1.25; $p < 0.001$). Feeding with TO and NA produced lower DFI (3.7, 4.0 and 4.3 g/d; $p < 0.001$), lower DWG (2.9, 3.3 and 4.1 g/d; $p < 0.001$) and worse FCR (1.27, 1.21 and 1.07; $p < 0.001$) with respect to SA at 90 d, respectively. The CY, FY and MP were not affected, but the relative weights of the liver and heart were influenced by feed. It is concluded that the 7-d diet improved feed conversion and pigmentation, while commercial feeds influenced productive performance, pigmentation and relative weight of organs, but not carcass and fillet yield of trout.

Key words: feeding regimen, commercial feeds, trout, productive performance

INTRODUCCIÓN

La crianza de truchas se ha incrementado en más del 10% anual durante los últimos años, siendo Puno la región que ocupa el primer lugar en crianza de truchas en el Perú. Sin embargo, se observa un incremento de la mortalidad cuando los peces alcanzan más de 400 g de peso vivo y cuando reciben alimento todos los días de la semana y, a decir de los productores, la mortalidad se reduce grandemente cuando solo se proporciona alimento seis días a la semana.

Por otro lado, la crianza de truchas es dependiente de alimentos extra-regionales, debido a que la actividad industrial en Puno es incipiente y desarticulada (Gutiérrez *et al.*, 2018), lo cual origina un incremento en los costos por alimentación. En este sentido, se han realizado investigaciones para contar con fórmulas alimenticias locales, pero los altos costos de las materias primas son y serán una limitante para la producción masiva de alimentos (Ortiz *et al.*, 2018). Los alimentos elaborados no solamente deben cubrir las necesidades nutricionales de los peces, sino

también deben producir un rendimiento productivo (peso vivo, conversión alimenticia) y comercial (canal, filete, pigmentación) aceptable, además de ser económicos (Pesti y Miller, 1993). La optimización de los alimentos no solamente depende de la calidad de la ración sino también que la cantidad de alimento a suministrar sea cercanamente a los requerimientos de crecimiento de los peces (Kaushik, 1996).

El contenido nutricional de los alimentos elaborados depende de muchos factores y pueden ser altamente variables dependiendo de las materias primas utilizadas en su formulación y fabricación (Glencross *et al.*, 2007). Por otro lado, el consumo depende de factores biológicos (peso vivo, etapa fisiológica y genotipo), ambientales (oxígeno, temperatura y fotoperiodo) y la concentración energética del alimento (Kaushik, 1996). La frecuencia alimentaria también es influida por la edad, pues a menor edad y tubo digestivo corto la frecuencia de alimentación será mayor (Kaushik, 1996).

La aplicación de una alimentación restringida a las truchas puede causar variaciones en su crecimiento y conversión alimenticia (Morales, 2004). Si bien la realimentación puede producir crecimiento compensatorio (Jobling y Koskela, 1996; Azodi *et al.*, 2015), restricciones prolongadas pueden causar variaciones en la composición corporal de la trucha (Pirhonen y Forsman, 1998), debido a las prioridades en la deposición de nutrientes en los tejidos corporales (Salze *et al.*, 2014) y en la expresión de los genes relacionados con el metabolismo (Kondo *et al.*, 2012; Cleveland *et al.*, 2018).

En la actualidad es importante desarrollar cadenas de valor considerando la economía circular y la ecoeficiencia (Laso *et al.*, 2018) para mejorar las condiciones socioeconómicas de los productores truchícolas en el altiplano peruano. Considerando estos antecedentes, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del régi-

men alimenticio (7 vs 6 d de alimentación) y de tres alimentos comerciales sobre el peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de canal, rendimiento de filete, pigmentación muscular y peso relativo de los órganos de las truchas en la fase de engorde bajo condiciones de crianza intensiva en el Lago Titicaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio

La investigación fue realizada en la concesión acuícola que cuenta la Universidad Nacional del Altiplano, ubicada en la zona Barco de Chucuito (Bahía de Chucuito), Puno, Perú. La temperatura del agua durante el experimento varió entre 14.5 a 16 °C y el contenido de oxígeno entre 6 y 7 ppm (multiparámetro Oxímetro Hanna®, USA).

Truchas y Alimentos Comerciales

Se distribuyeron al azar 1080 truchas juveniles de la línea Troutlodge, de 185 g de peso vivo aproximadamente, en 36 jaulas experimentales de nylon de 1.2x1.2x1.6 m que fueron instaladas en tres estructuras de madera de 5x5 m en la zona Barco del Lago Titicaca (Chucuito). Cada jaula contenía 30 truchas y representaba una réplica.

Se utilizaron tres alimentos comerciales extruidos (TO= Tomasino®, NA= Naltech®, y SA= Salmofood®) que fueron adquiridos en centros comerciales de Juliaca y Puno, en presentación con pigmento y de calibre de 6 mm hasta los 90 días y de 9 mm hasta 215 días del estudio (Cuadro 1). En general, todos los alimentos cubrían los requerimientos de proteína y energía digestible recomendados por la National Research Council (NRC, 2011).

Las truchas recibieron dos regímenes de alimentación (de 7 vs 6 días a la semana). La entrega del alimento fue realizada al voleo

Cuadro 1. Análisis proximal de los nutrientes¹ y costo de los alimentos comerciales para truchas (en mm Ø y MS) utilizados en el estudio

Parámetros	Tomasino ^{®2}		Naltech ^{®3}		Salmofood ^{®4}	
	6	9	6	8	6	9
Humedad, %	12.37	8.37	8.34	7.45	6.89	7.77
Proteína bruta, %	39.75	39.82	39.86	36.08	40.86	40.17
Extracto etéreo, %	11.6	11.95	15.79	21.07	23.03	22.77
Carbohidratos, %	27.45	28.15	28.77	27.65	21.56	23.39
Fibra cruda, %	2.05	1.63	1.87	1.60	1.53	1.99
Cenizas, %	8.87	11.71	7.24	7.75	7.66	5.90
Energía bruta, kcal/g	373.20	379.43	416.63	444.55	456.95	459.17
Ratio EB/PB, kcal, g	9.39	9.53	10.45	12.32	11.18	11.43
Costo, S/. x kg	4.67	4.64	5.38	5.12	4.94	4.81

¹ Bhios Laboratorios. <https://www.bhioslabs.net/>

² Alimentos Procesados S.A. www.tomasino.com.pe

³ Alimentos Naltech. <https://naltech.com.pe>

⁴ Alimentos Salmofood Vitapro Chile. <https://www.salmofood.cl>

diariamente entre las 8 y 10 am. La cantidad de alimento fue calculada según peso corporal, temperatura del agua y proyección de crecimiento, y fue manejada en bolsas ziploc para cada jaula y día de la semana del periodo correspondiente. Las truchas del régimen de alimentación de 6 d recibieron la cantidad de alimento estimado para el régimen de 7 d, solo que la entrega del alimento se realizaba en 6 d. Sin embargo, al día siguiente del ayuno se observaba mayor avidez, de modo que entonces recibían alimento a satisfacción sin sobrepasar el 20% de la ración programada para ese día. Este alimento adicional era obtenido de una bolsa ziploc suplementaria y con peso controlado. La cantidad de alimento neto entregado por jaula fue registrada diariamente.

Rendimiento Productivo

Los controles de peso vivo (PV) y longitud total (LT) fueron realizados a los 0, 30, 60 y 90 d experimentales. Los controles biométricos se realizaron entre las 7 y 11 am, y las truchas no recibieron alimento durante ese día. En los cuatro controles y en cada jaula se pesaron y midieron individualmente 10 truchas y las 20 restantes fueron pesadas en forma conjunta. Para la manipulación de las truchas se utilizó Tricaine-S[®] (Metasulfonato de Tricaine - EUA) como anestésico, para el control de peso vivo se utilizó una balanza Kern[®] Alemania 5000 ± 0.1 g, y para determinar la LT se utilizó un ictiómetro Aquatech (USA). Con los datos de peso vivo y longitud total se determinó el índice de condición corporal (ICC) de las truchas, mediante la siguiente fórmula (ICC= (PV, g / LT³, cm) * 100).

A los 30, 60 y 90 días se determinó el consumo medio diario (CMD) de alimento (g/d) (total de alimento entregado por periodo entre los días del periodo), la ganancia media diaria (GMD) de peso (g/d) y el índice de conversión alimenticia (ICA; g:g). La mortalidad fue registrada diariamente antes de realizar la alimentación respectiva a las truchas.

Rendimiento Comercial y Peso Relativo de Órganos

Aunque la determinación de los parámetros productivos fue hasta los 90 d, las truchas fueron mantenidas en las mismas jaulas y bajo las mismas condiciones de ma-

nejo hasta los 215 d para determinar el rendimiento comercial y el peso relativo de órganos. Se cosecharon al azar 2 truchas por jaula (10 por tratamiento), haciendo un total de 60 truchas que fueron llevadas a la planta de procesos del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PEBLT) en Chucuito. Estos peces fueron pesados, eviscerados, y se determinaron los siguientes valores:

- Peso corporal final, (g)
- Rendimiento de canal, (%): $[\text{Peso de la canal (g)} / \text{Peso corporal (g)}] \times 100$
- Rendimiento en filete, (%): $[\text{Peso de los filetes (g)} / \text{Peso corporal (g)}] \times 100$
- Variable Gaping, (mm): Frecuencia de la separación de las fibras musculares, mm
- El hígado, corazón y bazo fueron separados y pesados (± 0.1 g)
- Índice hepato-somático, (%): $[\text{peso del hígado (g)} / \text{peso vivo (g)}] \times 100$
- Índice cardio-somático, (%): $[\text{peso del corazón (g)} / \text{peso vivo (g)}] \times 100$
- Índice bazo-somático, (%): $[\text{peso del bazo (g)} / \text{peso vivo (g)}] \times 100$

Además, para determinar la pigmentación y el gaping se cosechó al azar una trucha por jaula (6 por tratamiento). Las truchas fueran evisceradas y se obtuvieron dos filetes por trucha (masa muscular derecha e izquierda) dejando el espinazo con la cabeza como residuo del procesamiento. Los filetes fueron pesados como filete total (sin recortes externos) y filete neto (con recortes externos) y colocados sobre la mesa en orden por cada tratamiento y con ayuda de la Regla Salmofan® Lineal de DSM (tonalidades graduales y estandarizadas de color pálido= 20 a rojo intenso= 34) se procedió a determinar la pigmentación mediante evaluación visual, comparando las tonalidades graduales de la regla con el color de los filetes.

Para la determinación del gaping, los filetes fueron refrigerados por 24 h para realizar la lectura de las grietas formadas por las separaciones de las fibras musculares con la ayuda de un vernier (en mm).

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados en un diseño completo al azar con seis tratamientos (dos regímenes de alimentación (7 vs 6 d) y tres alimentos comerciales (TO, NA y SA) y seis réplicas por tratamiento. Cada réplica consideró una bolsa (jaula) con 30 truchas. Cuando el análisis de varianza resultó significativo se utilizó la prueba de Tukey de SAS (2002) para realizar la diferenciación de medias a una probabilidad de $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Productivos

Peso vivo (PV), longitud total (LT) e índice de condición corporal (ICC)

Las truchas que consumieron el balanceado comercial durante los 7 d en los primeros 30 días experimentales obtuvieron un mayor crecimiento que las truchas que consumieron el alimento 6 d (282.3 vs 270.9 g/d, respectivamente; $p < 0.02$), pero esta diferencia desapareció al final del experimento (Cuadro 2). Azodi *et al.* (2015) estudiaron periodos cortos de ayuno, seguidos de realimentación y encontraron que se produce crecimiento compensatorio en las truchas.

Tanto la LT como ICC no fueron influenciados por los regímenes de alimentación ($p > 0.05$); sin embargo, se observó una tendencia a mejorar el ICC. Así, en el día 0 el ICC estuvo alrededor de 1.00, mientras que en el día 30 y 60 se incrementa de forma importante hasta 1.17 y 1.21, respectivamente, en tanto que en el día 90 se observa una tendencia a mejorar con la alimentación de 7 d con respecto a la 6 d (1.34 vs 1.26 vs; $p < 0.062$). Estos resultados sugieren que las truchas al inicio del experimento estaban largas y con poca condición corporal (ICC=1.00), mientras que durante el experimento se produce una mejora en la condición corporal y muy poco incremento en su longitud (ICC=1.30).

Cuadro 2. Efecto de los alimentos comerciales sobre el peso vivo (PV), longitud total (LT) e índice de condición corporal (ICC) de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) a los 0, 30, 60 y 90 días experimentales

Efectos principales	0 d			30 d			60 d			90 d		
	PV	LT	ICC	PV	LT	ICC	PV	LT	ICC	PV	LT	ICC
Régimen alimenticio ¹												
7 d	186.8	26.7 ^a	0.99	282.3 ^a	28.9	1.16	396.8	31.9	1.23	503.1	33.5	1.34
6 d	184.5	26.3 ^b	1.01	270.9 ^b	28.5	1.17	382.6	31.8	1.19	490.5	33.9	1.26
EEM ⁴	1.52	0.11	0.01	3.30	0.17	0.02	7.19	0.24	0.02	7.87	0.32	0.03
p-valor	0.291	0.037	0.419	0.020	0.153	0.819	0.212	0.822	0.286	0.304	0.376	0.062
Alimento comercial ²												
TO ⁵	185.4	26.5	0.99	261.5 ^b	28.5	1.13 ^c	363.2 ^b	31.5	1.16 ^b	451.4 ^c	33.4 ^b	1.21 ^b
NA	188.4	26.6	1.00	279.8 ^a	28.8	1.17 ^b	383.1 ^b	31.5	1.22 ^a	489.1 ^b	33.2 ^b	1.34 ^a
SA	183.2	26.4	1.00	288.5 ^a	28.7	1.21 ^a	421.4 ^a	32.4	1.24 ^a	548.7 ^a	34.6 ^a	1.34 ^a
EEM	1.86	0.14	0.02	4.04	0.21	0.02	8.80	0.29	0.03	9.64	0.39	0.04
p-valor	0.155	0.394	0.928	0.001	0.561	0.014	0.001	0.076	0.051	0.001	0.040	0.025
Interacciones ³												
7 d x TO	183.6	26.4	1.00	269.0	28.8	1.13	386.1	31.8	1.20	471.0	33.6	1.25
7 d x NA	191.1	26.9	0.99	281.2	28.8	1.18	377.9	31.5	1.21	487.6	33.1	1.34
7 d x SA	185.8	26.7	0.98	296.8	29.1	1.20	423.4	32.2	1.26	548.3	33.8	1.44
6 d x TO	187.2	26.7	0.99	254.0	28.3	1.12	340.2	31.2	1.12	431.8	33.3	1.17
6 d x NA	185.7	26.3	1.02	278.5	28.7	1.16	388.1	31.6	1.23	490.6	33.2	1.35
6 d x SA	180.6	26.0	1.03	280.2	28.5	1.21	419.5	32.5	1.22	549.0	35.4	1.24
EEM	2.63	0.19	0.02	5.71	0.30	0.03	12.45	0.41	0.04	13.64	0.55	0.06
p-valor	0.164	0.054	0.151	0.426	0.442	0.822	0.087	0.543	0.305	0.243	0.203	0.173

^{1,2,3} 18, 12 y 6 repeticiones por promedio, respectivamente

⁴ EEM = error estándar de la media

⁵ TO = Tomasino®, NA = Naltech®, SA = Salmofood®

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Las truchas alcanzaron los mejores pesos vivos con el alimento SA en los tres momentos de evaluación (30, 60 y 90 d), seguido de pesos intermedios con el alimento NA y con el alimento TO ($p < 0.001$), resultados que pueden ser explicados en parte por la composición nutricional del alimento y por el costo de estos. Las interacciones no fueron significativas, por lo que se puede afirmar que los efectos principales (régimen alimenticio y alimentos comerciales) se manifestaron con

efectos limpios sobre las variables dependientes del experimento.

El mayor consumo de alimento siempre estuvo relacionado a un mayor incremento de peso de las truchas. Resultados similares fueron reportados en un estudio realizado por Bustamante *et al.*, (2016), donde encontraron que las truchas que consumieron la dieta control (fórmula semejante a los alimentos comerciales) alcanzaron un peso vivo de 443.9 g, una longitud total de 32.7 cm y un ICC de 1.28 después de 90 d experimentales.

Cuadro 3. Efecto de los alimentos comerciales sobre el consumo medio diario (CMD), ganancia media diaria (GMD) y conversión alimenticia (CA) de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) a los 0, 30, 60 y 90 días experimentales

Efectos principales	0 a 30 d			30 a 60 d			60 a 90 d			0 a 90 d		
	CMD	GMD	ICA	CMD	GMD	ICA	CMD	GMD	ICA	CMD	GMD	ICA
Régimen alimenticio ¹												
7 d	2.9	3.2	0.93 ^b	3.9	3.8	1.06	4.8 ^b	3.5	1.39 ^b	3.9 ^b	3.5	1.12 ^b
6 d	2.9	2.9	1.06 ^a	4.1	3.7	1.17	5.4 ^a	3.6	1.54 ^a	4.2 ^a	3.4	1.25 ^a
EEM ⁴	0.03	0.11	0.02	0.09	0.21	0.05	0.10	0.11	0.04	0.05	0.09	0.02
p-valor	0.748	0.057	0.004	0.085	0.827	0.187	0.001	0.828	0.015	0.001	0.399	0.001
Alimento comercial ²												
TO ⁵	2.8	2.5 ^c	1.15 ^a	3.7 ^b	3.4 ^b	1.14	4.6 ^a	2.9 ^c	1.58 ^a	3.7 ^c	2.9 ^c	1.27 ^a
NA	2.9	3.0 ^b	0.98 ^b	3.9 ^b	3.5 ^b	1.18	5.3 ^b	3.5 ^b	1.52 ^a	4.0 ^b	3.3 ^b	1.21 ^b
SA	3.0	3.5 ^a	0.87 ^c	4.5 ^a	4.4 ^a	1.03	5.5 ^b	4.2 ^a	1.32 ^b	4.3 ^a	4.1 ^a	1.07 ^c
EEM	0.04	0.13	0.03	0.11	0.25	0.06	0.13	0.14	0.05	0.06	0.11	0.03
p-valor	0.094	0.001	0.001	0.001	0.012	0.258	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
Interacciones ³												
7 d x TO	2.9	2.8	1.03	4.1 ^b	3.9	1.06	4.4	2.8	1.55	3.8 ^{cd}	3.2	1.19
7 d x NA	2.8	3.0	0.95	3.6 ^{ab}	3.3	1.15	4.9	3.7	1.36	3.8 ^{cd}	3.3	1.15
7 d x SA	3.0	3.7	0.82	4.1 ^b	4.2	0.99	5.2	4.2	1.27	4.1 ^{bc}	4.0	1.02
6 d x TO	2.8	2.2	1.26	3.4 ^c	2.9	1.23	4.8	3.1	1.60	3.6 ^d	2.7	1.36
6 d x NA	3.0	3.1	1.00	4.1 ^b	3.7	1.21	5.6	3.4	1.65	4.3 ^{ab}	3.4	1.27
6 d x SA	3.0	3.3	0.91	4.9 ^a	4.6	1.07	5.8	4.3	1.37	4.6 ^a	4.1	1.12
EEM	0.06	0.18	0.04	0.15	0.36	0.09	0.18	0.20	0.07	0.08	0.15	0.04
p-valor	0.015	0.161	0.147	0.001	0.091	0.841	0.843	0.495	0.209	0.001	0.136	0.594

^{1,2,3} 18, 12 y 6 repeticiones por promedio, respectivamente

⁴ EEM = error estándar de la media

⁵ TO = Tomasino®, NA = Naltech®, SA = Salmofood®

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (p<0.05)

Consumo medio diario (CMD), ganancia media diaria (GMD) e índice de conversión alimenticia (ICA)

Las truchas alimentadas por 6 d consumieron más alimento que las alimentadas por 7 d (Cuadro 3). En los periodos comprendidos entre 31 a 60 d (3.9 vs 4.1 g/d; p<0.085) y 61 a 90 d (4.8 vs 5.4 g/d; p<0.001) se observó mayor consumo y, como consecuencia, estas diferencias fueron consistentes durante el experimento (0 a 90 d). Respecto al efecto de los alimentos comerciales, el alimento tuvo el mejor CMD en el segundo (4.5

g/d) y tercer periodo (5.5 g/d) con relación al primer periodo (3.0 g/día) (p<0.001), seguido del alimento NA y del TO.

El régimen alimenticio de 7 vs 6 d de alimentación no afectó la ganancia diaria de peso de las truchas; sin embargo, el grupo de 7 d de alimentación tuvieron mejor ICA (1.25 vs 1.12, g/g; p<0.001) que las alimentadas 6 d a la semana. Se ha observado que los peces después de un periodo de alimentación restringida compensan su desarrollo por el mayor consumo de alimento, en lugar de mejorar la conversión alimenticia (Jobling y

Cuadro 4. Influencia del régimen alimenticio y de los alimentos comerciales que consumen las truchas (*Oncorhynchus mykiss*) sobre el peso vivo (PV), índice de condición corporal (ICC), peso de la canal (PC), rendimiento de canal (RC), rendimiento de filete total (RFT) y de filete neto (RFN) a los 215 días de estudio con dos regímenes de alimentación y tres alimentos comerciales durante los primeros 90 días del periodo de engorde

Efectos principales	PV, g	ICC	PC, g	RC, %	RFT, %	RFN, %
Régimen alimenticio ¹						
7 d	800.7	1.30	620.6	77.5	57.0	48.1
6 d	816.7	1.25	645.3	79.4	58.3	48.9
EEM ⁴	29.07	0.043	23.47	0.97	1.72	1.71
p-valor	0.699	0.406	0.461	0.160	0.598	0.726
Alimento comercial ²						
TO ⁵	745.7 ^b	1.36	587.1 ^b	78.8	58.9	49.9
NA	822.4 ^a	1.23	642.4 ^a	78.3	56.7	48.2
SA	858.1 ^a	1.24	669.5 ^a	78.2	57.3	47.3
EEM	35.60	0.053	28.76	1.18	2.10	2.09
p-valor	0.083	0.140	0.128	0.919	0.764	0.691
Interacciones ³						
7 d x TO	767.8	1.42	590.3	76.7	58.4	49.0
7 d x NA	759.3	1.24	596.8	78.4	55.9	48.3
7 d x SA	875.1	1.24	674.8	77.2	56.7	46.9
6 d x TO	723.6	1.30	583.8	80.9	59.3	50.7
6 d x NA	885.5	1.21	687.9	78.1	57.5	48.2
6 d x SA	841.1	1.24	664.1	79.1	58.0	47.8
EEM (n=10)	50.34	0.075	40.66	1.67	2.97	2.96
p-valor	0.175	0.698	0.374	0.397	0.994	0.953

^{1,2,3} 30, 20 y 10 repeticiones por promedio, respectivamente

⁴ EEM = error estándar de la media

⁵ TO = Tomasino®, NA = Naltech®, SA = Salmofood®

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Koskela, 1996; Mattila *et al.*, 2009), debido posiblemente a que los regímenes de alimentación influyen en el crecimiento y en la deposición de los nutrientes en los diferentes tejidos del cuerpo (Salze *et al.*, 2014). Por otro lado, el ICA se vio influenciado por el tipo de alimento comercial (TO: 1.27), NA (1.21) y SA (1.07; $p < 0.001$).

En general, las truchas que consumieron alimento SA presentaron un mejor rendimiento productivo. Estos resultados están apoyados por su mayor concentración de energía y proteína y, probablemente, mayor digestibilidad de los nutrientes. Los alimentos con altos contenidos de proteína y energía han sido indicados para producir mayor ren-

dimiento productivo (Brauge *et al.*, 1995; NRC, 2011). En general, los alimentos comerciales utilizados tuvieron en promedio 39.42% de proteína cruda, siendo un valor inferior al promedio de cinco alimentos utilizados en Estados Unidos (42.8%) para truchas (Chatvijitkul *et al.*, 2018). Estos investigadores encontraron, además, que los valores reportados en la etiqueta del producto tienden a ser inferiores a los valores analizados de los alimentos.

El menor rendimiento de los peces producido por el alimento TO estaría relacionado con el menor contenido de grasa (12%) y mayor contenido de ceniza (12%) en su composición (Cuadro 1). Se ha observado que las dietas comerciales que contienen niveles bajos de grasa incluida tienen menor contenido de energía digestible. Este factor quizás sea predominante en proporcionar energía para la deposición de proteína en el tejido muscular y además conduciría a que los peces tengan menor contenido de grasa corporal, lo cual influiría el peso corporal. Por otro lado, el contenido de grasa de los alimentos NA (16 y 21%) y SA (23.0 y 22.8%) es alto en sus dos presentaciones (6 y 9 mm Ø), respectivamente. Asimismo, estos parámetros están relacionados con el precio de los alimentos comerciales (Cuadro 1). Adicionalmente, el mayor contenido de grasa se refleja en el mayor contenido de energía (kcal/g) por cada gramo de proteína contenida en el alimento. Así, los alimentos NA y SA alcanzaron alrededor de 11 kcal de EB/g de proteína comparado a 9 kcal/g de proteína que contenía TO.

Cabe indicar que alimentos formulados localmente y cumpliendo los requerimientos de las truchas tuvieron conversiones alimenticias cercanas a 1 en la etapa de crecimiento. Aranibar *et al.* (2020) trabajaron con una dieta referencial para truchas en crecimiento (60 a 113 g), donde consumieron 1.47 g/d y obtuvieron una conversión alimenticia de 1.11 durante 40 d bajo condiciones experimenta-

les. Está demostrado que las truchas tienen mejor conversión en la fase de crecimiento que en la fase de engorde y cualquier suministro de alimento en exceso afecta negativamente la conversión alimenticia (Morales, 2004). No obstante, Azodi *et al.* (2015) no encontraron diferencias en la conversión alimenticia en truchas con diferentes regímenes de alimentación.

La conversión alimenticia más deficiente fue observada en las truchas que consumieron alimento por solo 6 d, y esto podría deberse al gasto energético proveniente del alimento para el requerimiento de mantención durante el día de ayuno. La NRC (2011) indica que los requerimientos energéticos de los peces sirven para cubrir las necesidades de mantenimiento y deposición de tejidos durante el crecimiento de los peces, los cuales deberían ser cubiertos por la energía consumida en el alimento.

Parámetros Comerciales

Rendimiento de canal (RC) y rendimiento de filete (RF)

El régimen alimenticio de 7 vs 6 d de alimentación no afectó el peso vivo final (800.7 vs 816.7 g), el rendimiento de canal (77.5 vs 79.4%), el rendimiento de filete total (57.0 vs 58.3%), ni el rendimiento de filete neto (48.1 vs 48.9%). Asimismo, el tipo de alimento comercial tampoco afectó el peso final (745.7, 822.4 y 858.1 g), el rendimiento de canal (78.8, 78.3 y 78.2%), ni el rendimiento de filete (58.9, 56.7 y 57.3% para TO, NA y SA, respectivamente) (Cuadro 4). Como era de esperar, truchas más pesadas tendieron a mayor peso de la canal (g), mientras que el rendimiento porcentual de canal se mantuvo alrededor de 78% para las truchas que recibieron los tres tipos de alimentos comerciales. No hubo interacciones significativas entre el régimen alimenticio y el tipo de alimento comercial para las variables dependientes estudiadas.

Los valores promedios de rendimiento de canal y filete neto para truchas de más de 800 g de peso (78.5% y 48.5%, respectivamente) son inferiores a los reportados por García *et al.* (2004), quienes reportaron valores de 88.2% de rendimiento de canal y 55.2% de rendimiento de filete para truchas de más de 350 g. Estas diferencias probablemente se deban a que truchas de mayor peso en general presentan gónadas más desarrolladas, lo cual tiende a reducir el rendimiento de canal por considerarse mayor peso en las vísceras.

Pigmentación muscular

Las truchas experimentales alcanzaron un nivel de pigmentación mayor a 20 al consumir alimento comercial pigmentante durante la fase de engorde (Cuadro 5). En general, los consumidores prefieren una musculatura de trucha tendiente a coloración rosada. La pigmentación muscular fue mayor para el régimen alimenticio de 7 d comparado a 6 d de alimentación (21.3 vs 22.4; $p < 0.006$, respectivamente). También el tipo de alimento influyó en la pigmentación muscular, siendo los alimentos TO y SA los que produjeron una mayor pigmentación que el alimento NA (22.6, 20.9 y 22.1; $p < 0.003$). Por otro lado, se observó una interacción sin explicación biológica entre el régimen alimenticio y el tipo de alimento comercial, dado que las truchas que consumieron alimentos TO, NA y SA presentaron una reducción en la pigmentación muscular con el régimen alimenticio de 6 d, mientras que esto no sucedió con las truchas de régimen de 7 d alimentadas con TO y SA.

La pigmentación de la musculatura de la trucha es una variable muy importante al momento de su comercialización. Bampidis *et al.* (2019) mencionan que la astaxantina (AXT) es eficaz en la pigmentación de la musculatura de salmónidos y recomiendan una dosis de 100 mg/kg de alimento, incluso para diferentes fuentes de AXT (Zhao *et al.*, 2022), aunque niveles mayores de AXT en el alimento producen incremento en la pigmentación

muscular (Rahman *et al.*, 2016). Por otro lado, según Tellez (1998), con 25 mg/kg de AXT se puede lograr un color comercial (16+) en truchas arcoíris después de 35 semanas de alimentación, en tanto que Pokniak *et al.* (2001) indican que dosis bajas de 25 mg/kg tienen un nivel de retención mayor que al aplicar 80 mg/kg en el alimento.

Estos resultados estarían indicando que los alimentos comerciales incluyen un nivel adecuado de AXT para lograr un nivel de pigmentación mayor a 20. El pigmento es uno de los insumos que más incide sobre los costos de producción en la industria salmonera, representando alrededor de un 35% del precio del alimento y entre un 15 a 18% del valor de venta del salmón como producto final (Pokniak *et al.*, 2001). Una posible forma de reducir los costos y lograr mejor pigmentación es la administración de alimento con AXT día por medio (Choubert *et al.*, 2009).

Gaping de la masa muscular

El gaping no fue predominante en los filetes de trucha, y en todos los casos fueron menores a 1.3 mm de espacio (Cuadro 5), lo que estaría indicando la calidad de nutrientes recibidos en cada alimento comercial. El gaping tendió a ser mayor para las truchas que consumían alimento todos los días (7 d) comparado a las truchas restringidas, en tanto que las truchas que consumieron los alimentos TO y SA (1.69 y 1.55 mm) tendieron a menor gaping en los filetes comparado al alimento SA (2.00 mm). Una explicación podría ser que el mayor crecimiento de los peces produciría menor consistencia de la masa muscular del filete, lo que probablemente estaría relacionado a menor formación de tejido conectivo. En estudios realizados por Suárez *et al.* (2007) mediante microscopía electrónica de barrido y transmisión, observaron que la pérdida de la textura en la carne de los peces es uno de los efectos ocasionados por la degradación del tejido conectivo pericelular y no por el tejido conectivo intersticial.

Cuadro 5. Influencia del régimen alimenticio y de los alimentos comerciales sobre el peso vivo (PV), pigmentación de filete (PF) y gaping en truchas (*Oncorhynchus mykiss*) a los 215 días de estudio con dos regímenes de alimentación y tres alimentos comerciales durante los primeros 90 días del periodo de engorde

Efectos principales	PV (g)	PF (regla DSM [®])	Gaping (mm)
Régimen alimenticio¹			
7 d	727.3	22.4 ^a	1.90
6 d	687.3	21.3 ^b	1.59
EEM ⁴	24.2	0.257	0.146
p-valor	0.252	0.006	0.159
Alimento comercial²			
TO ⁵	668.5 ^b	22.6 ^a	1.69
NA	669.1 ^b	20.9 ^b	1.55
SA	784.4 ^a	22.1 ^a	2.00
EEM	29.53	0.313	1.176
p-valor	0.011	0.003	0.179
Interacciones³			
7 d x TO	704.6	24.1 ^a	2.04
7 d x NA	693.0	20.5 ^b	1.60
7 d x SA	784.3	22.5 ^a	2.05
6 d x TO	632.4	21.0 ^b	1.33
6 d x NA	645.1	21.3 ^b	1.50
6 d x SA	784.4	21.7 ^b	1.95
EEM	41.53	0.440	0.246
p-valor	0.656	0.001	0.351

^{1,2,3} 18, 12 y 6 repeticiones por promedio, respectivamente

⁴ EEM = error estándar de la media

⁵ TO = Tomasino[®], NA = Naltech[®], SA = Salmofood[®]

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Peso de los Órganos

El régimen alimenticio (7 vs 6 d) no afectó el peso relativo del hígado (1.29 vs 1.25%, $p > 0.05$, respectivamente) ni del corazón (0.15 vs 0.14%, $p > 0.05$, respectivamente), mientras que el peso relativo del bazo (0.10 vs 0.13%, $p < 0.06$, respectivamente) tendió a ser mayor para el régimen alimenticio de 6 d (Cuadro 6).

El tipo de alimento TO, NA y SA incrementó el peso neto y relativo del hígado (1.18, 1.20 y 1.43%, $p < 0.04$, respectivamente), lo que podría estar relacionado a una mayor actividad metabólica o también a una mayor acumulación de grasa de este órgano. Cleveland *et al.* (2018) indicaron que las deposiciones de ácidos grasos en el músculo de la trucha cambian por los regímenes alimenticios. Respecto al corazón, las truchas ali-

Cuadro 6. Influencia del régimen alimenticio y de los alimentos comerciales sobre el peso (g) y peso relativo (%) de los órganos de en truchas (*Oncorhynchus mykiss*) con respecto al peso vivo (PV) de las truchas experimentales a los 215 días de estudio con dos regímenes de alimentación y tres alimentos comerciales durante los primeros 90 días del periodo de engorde

Efectos principales	PV (g)	Hígado (g)	Corazón (g)	Bazo (g)	Hígado (%)	Corazón (%)	Bazo (%)
Régimen alimenticio ¹							
7 d	800.7	10.32	1.20	0.83	1.29	0.15	0.10
6 d	816.7	10.03	1.14	1.04	1.25	0.14	0.13
EEM ⁴	29.07	0.516	0.055	0.093	0.060	0.007	0.011
p-valor	0.699	0.689	0.474	0.116	0.569	0.437	0.064
Alimento comercial ²							
TO ⁵	745.7 ^b	8.64 ^b	1.16 ^{ab}	0.95	1.18 ^b	0.16 ^a	0.13
NA	822.4 ^{ab}	9.65 ^b	1.04 ^b	0.88	1.20 ^b	0.13 ^b	0.11
SA	858.1 ^a	12.24 ^a	1.31 ^a	0.99	1.43 ^a	0.15 ^a	0.12
EEM	35.60	0.632	0.068	0.114	0.074	0.008	0.013
p-valor	0.083	0.001	0.029	0.803	0.035	0.035	0.578
Interacciones ³							
7 d TO	767.8	8.93	1.14	0.74 ^b	1.18	0.150	0.095 ^b
7 d NA	759.3	8.83	1.09	1.04 ^b	1.20	0.145	0.135 ^{ab}
7 d SA	875.1	13.2	1.36	0.72 ^b	1.51	0.159	0.083 ^b
6 d TO	723.6	8.35	1.18	1.16 ^{ab}	1.18	0.168	0.165 ^{ab}
6 d NA	885.5	10.46	0.99	0.72 ^b	1.21	0.113	0.086 ^b
6 d SA	841.1	11.27	1.25	1.25 ^a	1.35	0.150	0.150 ^a
EEM	50.34	0.894	0.096	0.161	0.104	0.012	0.019
p-valor	0.175	0.142	0.686	0.022	0.638	0.128	0.003

^{1,2,3} 30, 20 y 10 repeticiones por promedio, respectivamente

⁴ EEM = error estándar de la media

⁵ TO = Tomasino®, NA = Naltech®, SA = Salmofood®

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

mentadas con TO y SA presentaron mayor peso relativo que la alimentadas con NA (0.16, 0.13 y 0.15%, $p < 0.04$), mientras que el peso del bazo no mostró diferencias para el tipo de alimento; sin embargo, se observaron interacciones significativas sin explicación biológica para este órgano.

En general, se pudo comprobar que los alimentos de mayor costo producen mayor rendimiento productivo y comercial de las truchas en fase de engorde. Sin embargo, un análisis más profundo sobre la relación entre

costo del alimento y el rendimiento de las truchas al faenado debería ser realizado.

CONCLUSIONES

- El régimen alimenticio no afectó los parámetros de peso vivo, la longitud total, el índice de condición corporal, el rendimiento de canal, el rendimiento de filete ni el crecimiento de los órganos de las truchas en la fase de engorde.

- Los alimentos comercializados en la región de Puno afectaron significativamente los parámetros productivos de las truchas en la fase de engorde. El mayor contenido de energía por gramo de proteína en el alimento mejoró la conversión alimenticia y aumentó el peso relativo del hígado de las truchas.

Agradecimientos

Los investigadores agradecen al CONCYTEC – PROCIENCIA por el financiamiento del proyecto «Investigación y desarrollo de conservas de trucha para mejorar la sostenibilidad y la seguridad alimentaria en la región Puno» Contrato N.º131-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV. Asimismo, al Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PEBLT) por facilitar la planta de procesos hidrobiológicos (Chucuito – Puno), para realizar el beneficio de las truchas.

LITERATURA CITADA

1. **Araníbar MJ, Roque HB, Portocarrero PHS, Rodríguez HHF, Blanco EMP, Araníbar BHK, Foraquita CS. 2020.** Nutritive value and digestibility of macronutrients from sheep and alpaca skin hydrolysates as a new alternative in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feeding. *Fish Aquatic Sci* 23: 28. doi: 10.1186/s41240-020-00174-7
2. **Azodi M, Ebrahimi E, Farhadian O, Mahboobi-Soofiani N, Morshedi V. 2015.** Compensatory growth response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum following short starvation periods. *Chin J Oceanol Limn* 33: 928-933. doi: 10.1007/s00343-015-4228-1
3. **Bampidis V, Azimonti G, Bastos M, Christensen H, Dusemund B, Kouba M, Kos Durjava M, et al, 2019.** Safety and efficacy of astaxanthin-dimethyl-disuccinate (Carophyll® Stay-Pink 10%-CWS) for salmonids, crustaceans and other fish. *EFSAJ* 17: 5920. doi: 10.2903/j.efsa.2019.5920
4. **Brauge C, Corraze G, Médale F. 1995.** Effect of dietary levels of lipid and carbohydrate on growth performance, body composition, nitrogen excretion and plasma glucose levels in rainbow trout reared at 8 or 18°C. *Reprod Nutr Dev* 35: 277-290.
5. **Bustamante ML, Aranibar MJ, Roque-Huanca B, Rodríguez-Huanca FH, 2018.** Determinación de índices productivos de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dietas orgánicas en fase de engorde. *Rev Inv Cienc* 1: 91-97
6. **Chatvijitkul S, Boyd CE, Davis DA. 2018.** Nitrogen, phosphorus, and carbon concentrations in some common aquaculture feeds. *J World Aquacult Soc* 49: 477-483. doi: 10.1111/jwas.12443
7. **Choubert G, Cravedi JP, Laurentie M. 2009.** Effect of alternate distribution of astaxanthin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle pigmentation. *Aquaculture* 286: 100-104. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.09.001
8. **Cleveland BM, Raatz S, Hanson K, Wickramaratne A. 2018.** Deposition and mobilization of lipids varies across the rainbow trout fillet during feed deprivation and transition from plant to fish oil-based diets. *Aquaculture* 491: 29-39. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.-03.012
9. **García MJA, Núñez-González FA, Pineda OC, Alfaro-Rodríguez RE, Espinosa-Hernández MR. 2004.** Calidad de canal y carne de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. *Hidrobiológica* 14: 19-26
10. **Glencross BD, Booth M, Allan GL. 2007.** A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquacult Nutr* 13: 17-34. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x

11. **Gutiérrez RS, Heredia AM, Horna ER, Peña LR. 2018.** Planeamiento estratégico para la Región Puno. Tesis de Maestría. Lim, Perú: Pontificia Univ. Católica del Perú. 229 p.
12. **Jobling M, Koskela J. 1996.** Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. *J Fish Biol* 49: 658-667. doi: 10.1111/j.1095-8649.1996.tb00062.x
13. **Kaushik SJ. 1996.** Feed quality and feeding strategies for sustained aquaculture development. *Suisanzoshoku* 44: 231-234.
14. **Kondo H, Suda S, Kawana Y, Hirono I, Nagasaka R, Kaneko G, Ushio H, Watabe S. 2012.** Effects of feed restriction on the expression profiles of the glucose and fatty acid metabolism-related genes in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* muscle. *Fisheries Sci* 78: 1205-1211. doi: 10.1007/s12562-012-0543-z
15. **Laso J, García-Herrero I, Margallo M, Vázquez-Rowe I, Fullana P, Bala A, Gazulla C, et al. 2018.** Finding an economic and environmental balance in value chains based on circular economy thinking: an eco-efficiency methodology applied to the fish canning industry. *Resour Conserv Recy* 133: 428-437. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.02.004
16. **Mattila J, Koskela J, Pirhonen J. 2009.** The effect of the length of repeated feed deprivation between single meals on compensatory growth of pikeperch *Sander lucioperca*. *Aquaculture* 296: 65-70. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.07.024
17. **Morales AG. 2004.** Crecimiento y eficiencia alimenticia de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación. Trabajo de Ingeniero Agrónomo. Argentina: Univ. de Buenos Aires. 51 p.
18. **[NRC] National Research Council. 2011.** Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington DC, USA: National Academy Press.
19. **Ortiz-Chura A, Pari-Puma RM, Rodríguez-Huanca FH, Cerón-Cucchi ME, Aranibar JA. 2018.** Apparent digestibility of dry matter, organic matter, protein and energy of native peruvian feedstuffs in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Aquatic Sci* 21: 32. doi: 10.1186/s41240-018-0111-2
20. **Pesti G, Miller B. 1993.** Animal feed formulation: economics and computer applications. New York, USA: Chapman and Hall. 166 p.
21. **Pirhonen J, Forsman E. 1998.** Effect of prolonged feed restriction on size variation, feed consumption, body composition, growth and smolting of brown trout, *Salmo trutta*. *Aquaculture* 162: 203-217. doi: 10.1016/S0044-8486(98)00215-4
22. **Pokniak J, Cornejo S, Bravo I, Battaglia J. 2001.** Pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) tipo mar alimentadas con dos niveles de Astaxantina en dietas de crecimiento-engorda. *Arch Med Vet* 33:155-164. doi: 10.4067/S0301-732X2001000200004
23. **Rahman MM, Sanaz Khosravi S, Hoon Chang K, Lee SM. 2016.** Effects of dietary inclusion of astaxanthin on growth, muscle pigmentation and antioxidant capacity of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Prev Nutr Food Sci* 21: 281-288. doi: 10.3746/pnf.2016.21.3.281
24. **Salze G, Alami-Durante H, Barbut S, Marccone M, Bureau DP. 2014.** Nutrient deposition partitioning and priorities between body compartments in two size classes of rainbow trout in response to feed restriction. *Brit J Nutr* 111: 1361-1372. doi: 10.1017/S000711-451300384X

25. **Statistical Analysis Systems - SAS, 2002.** SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute. Cary, North Carolina. USA.
26. **Suárez MH, De Francisco A, Henrique Beirão L, Pardo Carrasco S, Cortés Rodríguez M. 2007.** Pérdida de textura post mortem de la carne de pescado durante el almacenamiento en frío. *Acta Biolo Colomb* 12: 3-18.
27. **Tellez VMA. 1998.** Dinámica de pigmentación en *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus mykiss* y *Salmo salar* en fase marina de cultivo. Tesis de Médico Veterinario. Valdivia, Chile: Univ. Austral de Chile. 41 p.
28. **Zhao W, Guo YC, Huai MY, Li L, Man C, Pelletier W, Wei HL, et al. 2022** Comparison of the retention rates of synthetic and natural astaxanthin in feeds and their effects on pigmentation, growth, and health in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Antioxidants* 11: 2473. doi: 10.3390/antiox11122473